

Rec'd PCT/PTO 22 OCT 2004

10/512141

PCT/JP03/04016

日本国特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

28.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2002年 4月24日

出願番号  
Application Number:

特願2002-122240

[ST.10/C]:

[JP2002-122240]

出願人  
Applicant(s):

科学技術振興事業団  
株式会社東京カソード研究所

REC'D 23 MAY 2003

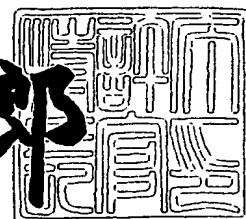
WIPO PCT

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3033874

【書類名】 特許願

【整理番号】 KPAT043D07

【提出日】 平成14年 4月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/31

【発明の名称】 窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置

【請求項の数】 10

【発明者】

    【住所又は居所】 熊本県阿蘇郡西原村鳥子 3 5 8 - 3 株式会社東京カソード研究所九州事業所内

    【氏名】 八坂 三夫

【特許出願人】

    【識別番号】 396020800

    【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

【特許出願人】

    【識別番号】 391051441

    【氏名又は名称】 株式会社東京カソード研究所

【代理人】

    【識別番号】 100105337

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 眞鍋 潔

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 075097

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマに対向する面の少なくとも一部に開口部が設けられた導電性支持部材と、前記導電性支持部材の開口部に設置された片側表面にプローブ電極を有する誘電体部材とを少なくとも有することを特徴とする窓型プローブ。

【請求項 2】 上記プローブ電極に、インピーダンス整合手段を接続したことを特徴とする請求項 1 記載の窓型プローブ。

【請求項 3】 上記誘電体部材が、光学的に透明なガラスからなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の窓型プローブ。

【請求項 4】 上記プローブ電極が、光学的に透明な導電性物質からなることを特徴とする請求項 3 記載の窓型プローブ。

【請求項 5】 上記導電性支持部材に設けた開口部が、のぞき窓の機能を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の窓型プローブ。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の窓型プローブを用いたプラズマ監視装置において、前記窓型プローブの出力端に、電圧波形を計測する電圧波形計測部を具備してなることを特徴とするプラズマ監視装置。

【請求項 7】 上記電圧波形計測部により検出した電圧波形の周期的な波形の変化の不一致量を検出してプラズマの安定性を検出するプロセスモニタ機構を有することを特徴とする請求項 6 記載のプラズマ監視装置。

【請求項 8】 上記電圧波形計測部により検出した電圧波形の変化によりプラズマの異常放電を検出する異常放電モニタ機構を有することを特徴とする請求項 6 記載のプラズマ監視装置。

【請求項 9】 請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のプラズマ監視装置を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】 上記開口部が設けられた導電性支持部材が、反応容器ののぞき窓を構成するフランジ部であり、上記誘電体部材がフランジ部を密閉する透

明ガラス板であることを特徴とする請求項9記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置に関するものであり、特に、被処理基体に高周波、或いは高電圧によるプラズマ放電を用いて処理するプラズマ処理装置におけるプラズマの変動を簡単に、迅速に、精度良く検出するための構成に特徴のある窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

現在、半導体製造分野において、プラズマCVD、アッシング、エッチング、スパッタリング或いは表面処理等を目的として、被処理基体にプラズマ放電を用いて処理するプラズマ処理方法が広く用いられている。

【0003】

そのプラズマ処置を施すプラズマ処理工程において、高電圧または高周波電源の高周波電圧を印加する際に、発生したプラズマの安定性、再現性の不良により被処理基体に設けた電子素子特性の変動を引き起こす問題がある。

この様な問題に対処するためにプラズマの再現性、安定性の確認を的確に検出することが求められている。

【0004】

現在、この様な要請に応えるために様々な研究がなされており、異常放電においてはプラズマの発光強度の変化、電源の電圧・電流の変化、プラズマ・インピーダンスの変化、或いは、高調波の変化を検出することにより、プラズマの再現性、安定性つまり変動の確認においては、ガス圧の変動、発光スペクトルの変化を検出することによりプラズマの変動の検出が試みられている。

【0005】

また、RF電源の電圧或いは電流の変化或いはプラズマ・インピーダンスの変化をモニターするため、電源ラインに検出器を挿入することが行われている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述の公知方法では、プラズマ特性へ与える影響、及び、迅速性や簡便性において問題があり、また、コストもかかり、これらを設置するための余分なスペースを必要とするという問題もあった。

【0007】

したがって、本発明は、高周波或いは高電圧の印加によって発生させたプラズマの状態を直接、簡便に検出することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

図1は、本発明の原理的構成図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。

図1 参照

(1) 本発明は、窓型プローブにおいて、プラズマに対向する面の少なくとも一部に開口部が設けられた導電性支持部材5と、前記導電性支持部材5の開口部に設置された片側表面にプローブ電極2を有する誘電体部材1とを少なくとも有することを特徴とする。

【0009】

この様な窓型プローブは、プロセスチャンバーの側壁に設けるだけであるので、プロセスチャンバーの内部にプローブを挿入設置する必要がなく、したがって、窓型プローブの存在がプラズマの状態に影響を与えることがなく、簡単な構成によってプラズマ状態をモニタすることができる。

【0010】

即ち、プロセスチャンバー内に生成されたプラズマに起因して、プラズマに対向する誘電体部材1の表面に壁電位と呼ばれる電位が誘起されるため、この壁電位の変動をモニタすることによって、プラズマ状態をモニタすることができる。

なお、検出電位を安定化するために、プローブ電極2を絶縁部材3を介して電磁シールド部材4でシールドすることが望ましい。

【0011】

(2) また、本発明は、上記(1)において、プローブ電極2に、インピーダンス整合手段6を接続したことを特徴とする。

この様に、プローブ電極2から電圧を検出するためには電圧測定系との間に、増幅器、インピーダンス変換器、或いは、抵抗等のインピーダンス整合手段6を接続する必要がある。

【0012】

(3) また、本発明は、上記(1)または(2)において、誘電体部材1が、光学的に透明なガラスからなることを特徴とする。

壁電位が誘起される誘電体部材1は、不透明でも良いが、光学的に透明なガラスを用いることが望ましく、それによって、プロセスチャンバー内部の反応等を光学的に観測することが可能になる。

【0013】

(4) また、本発明は、上記(3)において、プローブ電極2が、光学的に透明な導電性物質からなることを特徴とする。

壁電位の検出感度を高めるためにプローブ電極2の面積を大きくした場合には、この窓型プローブを介してプロセスチャンバー内部の反応等を光学的に観測するためには、プローブ電極2も光学的に透明な導電性物質で構成する必要がある。

【0014】

(5) また、本発明は、上記(1)乃至(4)のいずれかにおいて、導電性支持部材5に設けた開口部が、のぞき窓の機能を有することを特徴とする。

このように、のぞき窓の機能を持たせることによって、プロセスチャンバーに設けられているビューポート、即ち、のぞき窓と兼用することができ、装置構成を簡素化することができる。

【0015】

(6) また、本発明は、プラズマ監視装置において、上記(1)乃至(5)のいずれかに記載の窓型プローブを用い、この窓型プローブの出力端に、電圧波形を計測する電圧波形計測部を具備してなることを特徴とする。

この様に、上記の窓型プローブを用いてプラズマ監視装置を構成する場合には

、窓型プローブの出力端に、電圧波形を計測する電圧波形計測部を設け、電圧波形によってプラズマ状態を監視すれば良い。

なお、電圧波形計測部は、電圧波形をアナログ／デジタル変換するA／D変換部及び電圧波形を処理して平均波形、平均電圧、平均振幅等を導出してプラズマの状態を監視するデータ処理部とを少なくとも備えたものとする。

【0016】

(7) また、本発明は、上記(6)において、電圧波形計測部により検出した電圧波形の周期的な波形の変化の不一致量を検出してプラズマの安定性を検出するプロセスモニタ機構を有することを特徴とする。

この様に、電圧波形の周期的な波形の変化の不一致量を検出することによって、プラズマプロセス中のプラズマ状態を精度良くモニタすることができる。

【0017】

(8) また、本発明は、上記(6)において、電圧波形計測部により検出した電圧波形の変化によりプラズマの異常放電を検出する異常放電モニタ機構を有することを特徴とする。

この様に、電圧波形計測部により検出した電圧波形の変化によりプラズマの異常放電を検出することによって、プラズマプロセス中に突発する異常放電をモニタすることができる。

【0018】

(9) また、本発明は、プラズマ処理装置において、上記(6)乃至(8)のいずれかに記載のプラズマ監視装置を備えたことを特徴とする。

この様に、プラズマ処理装置に上記のプラズマ監視装置を備えることによって、再現性の高いプラズマ処理を行うことが可能になる。

【0019】

(10) また、本発明は、上記(9)において、開口部が設けられた導電性支持部材5が、反応容器ののぞき窓を構成するフランジ部であり、誘電体部材1がフランジ部を密閉する透明ガラス板であることを特徴とする。

【0020】

この様に、既成のプラズマ処理装置にプラズマ監視装置を取り付ける際には、



のぞき窓、即ち、ビューポートを構成するフランジ部を利用すれば良く、それによって、プローブを取り付けるための特別のスペースは不要になるので、装置構成を簡素化することができる。

【 0 0 2 1 】

【発明の実施の形態】

ここで、図 2 乃至図 7 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブ付きプラズマ処理装置及び検出信号処理方法を説明する。

図 2 参照

図 2 は本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブ付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

このプラズマ処理装置は、ガス導入口 1 2、排気口 1 3、及び、プローブ取付け部 1 4 を有するプロセスチャンバー 1 1、プロセスチャンバー内に配置された、Si ウェハ 1 6 を載置する下部電極 1 5 及び導入ガスを噴射するシャワーヘッドを兼ねる上部電極 1 7 とを対向させた平行平板型電極、下部電極 1 5 にブロッキングコンデンサ等から構成されインピーダンス整合をとる整合器 1 8 を介して 1 3. 5 6 MHz の RF 電力を印加する高周波電源 1 9、及び、上部電極 1 7 を接地する接地配線 2 0 から構成される。

【 0 0 2 2 】

また、プローブ取付け部 1 4 は、通常のビューポートを構成するフランジ部材からなるものであり、このフランジ部材に窓型プローブ 3 0 を取付け、この窓型プローブ 3 0 からの検出出力は同軸ケーブルを介してデジタルオシロスコープ 4 0 に接続されている。

なお、このデジタルオシロスコープ 4 0 の入力インピーダンスは、例えば、5 0 オームとする。

【 0 0 2 3 】

図 3 参照

図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図であり、この窓型プローブ 3 0 は、通常のビューポートに用いられる光学的に透明なコパールガラス等のガラス板 3 1、このガラス板 3 1 のプラズマに対して外側に設けら

れたITO等からなるプローブ電極32、プローブ電極32の表面を絶縁被覆するポリエステル等の透明絶縁膜33、その上に設けられプローブ電極32を電磁的にシールドするITOシールド34、及び、インピーダンス変換器35によって構成される。

#### 【0024】

この場合、プローブ電極32はプローブ取付け部14と電氣的に短絡しないように、周辺部が欠如されており、また、ITOシールド34及び透明絶縁膜33には微小開口部が設けられており、この微小開口部を通してプローブ電極32は同軸ケーブルによってインピーダンス変換器35に接続される。

また、このプローブ取付け部14は、通常のビューポートと同様に、Oリング及びグリース等を用いることによって真空中に密閉する構成となっている。

#### 【0025】

なお、この場合、プローブ電極32と同軸ケーブルとの間の接触には、例えば、スプリングピンを使用しており、また、ITOシールド34とプローブ取付け部14との間の接触も同様に行う。

#### 【0026】

この様に、窓型プローブ30の窓部を全て透明部材で構成しているので、この窓型プローブ30は、プラズマ処理装置のプロセスチャンバーののぞき窓としても機能させることができる画期的で大きな利点があるものである。

#### 【0027】

次に、この窓型プローブによるプラズマ状態のモニタ原理を説明する。

再び、図2参照

ガス導入口12より反応ガスをプロセスチャンバー11内に導入し、一定の圧力の下でRF電力を上部電極17と下部電極15との間に印加すると電極間にプラズマ21が生成するが、生成されたプラズマからはその密度勾配がある為にイオンと電子がプロセスチャンバー11の壁側へ拡散する。

#### 【0028】

この拡散するイオン及び電子の電流密度はプラズマ本体の密度に依存しているためプロセスチャンバー11の一部に絶縁物を設置した場合、プラズマ本体が持

つ電位であるプラズマ電位とプラズマ本体より拡散して、絶縁物の表面近傍に形成されたシース (s h e a t h) を通ってくるイオン流或いは電子流の量に応じ、均衡がとれる様に壁電位と呼ばれる電位が絶縁物表面、したがって、本発明においてはガラス板 3 1 の表面に誘起される。

【 0 0 2 9 】

このガラス板 3 1 の表面に誘起された壁電位はシース電位分だけプラズマ電位より低く、高周波放電の場合には、プラズマの励起周波数に同期した電位変化を示し、また、直流放電では一定な電位を示す。

【 0 0 3 0 】

しかし、プラズマ 2 1 が何らかの原因により変動、動揺する場合には、例えば、電源の変動、ガス圧の変動するような状況が発生した場合、そのプラズマ 2 1 はプラズマ 2 2 のように状態が変化し、その状況変化に応じてプロセスチャンバー 1 1 の壁部へ拡散するイオン流或いは電子流も敏感に変化する為に、プロセスチャンバー 1 1 に設置された誘電体であるガラス板 3 1 に誘起される壁電位も敏感は変化することになる。

【 0 0 3 1 】

そのため、D C 放電では、壁電位波形は一定ではなくプラズマの変動に同期して変動した波形になり、R F 放電の場合では、プラズマの励起周波数に同期した電位波形が変動し、波形の歪、或いは波高値等が変化する。

【 0 0 3 2 】

また、異常放電の発生等の様に突発的な変化が生じた場合では、プラズマが急激に萎縮し、質量が軽い電子が敏感に反応するので、電子流が急激に減少するために壁電位も敏感且つ急激にプラス側に変化し、一方、逆に増加する場合には、壁電位はマイナス側に変化する。

【 0 0 3 3 】

したがって、壁電位が変化すると、プロセスチェンバー 1 1 に設置されたガラス板 3 1 のプラズマに対向しない片面に設けたプローブ電極 3 2 に静電誘導によりプラズマの変化に応じた電位変化が誘発される。

【 0 0 3 4 】

この誘導電位を計測して、その電位情報を処理することで、壁電位の波高値、歪の状態等のプラズマの状況変化を検出でき、それを指標にすることによって、プラズマの安定性、再現性、変動等の監視、確認を迅速に、且つ簡便に行うことが可能となる。

#### 【0035】

但し、窓型プローブ30のガラス板31の表面に誘起される壁電位は、ガラス板31の周りにできるシースのインピーダンスとプローブ自体のインピーダンスにより決まるため、プローブ電極32がプラズマ電位と完全に平行に振れるためには、励起周波数だけではなく高調波成分に対するプローブ電極32のインピーダンスも大きくなければならない。

即ち、シースのインピーダンスを小さく、窓型プローブ自体のインピーダンスを大きくする必要がある。

#### 【0036】

シースのインピーダンスを小さくするには、単にガラス板31の表面積を大きくすることが考えられ、本発明の窓型プローブ30はガラス板31のプラズマ21, 22に対向する面積は十分に大きくする。

#### 【0037】

なお、ITOから構成されるプローブ電極32のインピーダンスは正確に分からなくても良く、インピーダンスが無限大の時プローブ電圧は最大値をとるので、プローブの壁電位が最大値をとるようにインピーダンスを調整すれば良い。

#### 【0038】

次に、図4乃至図6を参照して本発明の窓型プローブを用いて測定した電圧波形を説明する。

#### 図4(a) 参照

図4(a)は、プロセスチャンバー11に高周波電源18より電力を供給し安定してプラズマを生成した時の、窓型プローブ30から出力される電圧波形である。

図において、横軸は時間〔秒〕、縦軸は電圧であり、周波数13.56MHzに対応して1周期73ナノ秒( $73\text{ ns} = 7.3 \times 10^{-8}\text{ s}$ )で繰り返す安定し

た電圧波形が得られており、プラズマの振動波形及び振幅を測定することができる。

【0039】

図4 (b) 参照

図4 (b) は、不安定な状態のプラズマの場合に観測される電圧波形であり、図に示すようにこの電圧波形には歪があり、波高値（ピーク値）も一周期毎に変動していることが測定される。

【0040】

図5 参照

図5 は、R F 放電で入力電力が変動している場合の窓型プローブの検出波形の説明図であり、入力電力の変動に応じて検出波形も緩やかに変化していることが観測される。

この場合、検出波形における波高値もR F 入力電力に比例していることが確認され、この窓型プローブによる検出波形は、高周波電源19の周波数の周期で変化していて、波形の歪の状態、ピーク値等がプラズマの特性を反映している。

【0041】

図6 参照

図6 は、R F 放電での装置異常によりR F 電源を即断した場合の窓型プローブの検出波形の説明図であり、R F 電源が即断されたため、質量が軽い電子が急激に拡散して壁電位がマイナス側に変化するために検出波形はプラス側に反応している。

【0042】

このように、本発明の窓型プローブ30は、プラズマ状態の変化の状況に応じて拡散するイオン流或いは電子流の敏感な変化を捕らえることができるので、プラズマ状態の変化を確実、且つ、迅速に感度良く検出することができる。

【0043】

次に、図7を参照して本発明の第1の実施の形態における窓型プローブによる検出波形の処理方法を説明する。

図7 (a) 参照

図 7 (a) に示すように、窓型プローブ 30 で検出した電圧波形  $f(t)$  のうち、任意の時間或いは任意の数 ( $n$ ) の周期分の波形  $f_i(t)$  から平均値  $V_{av}(m)$ 、振幅  $V_{av}(pp)$ 、平均化した波形  $f_{av}(t)$  を求める。

この場合、平均化した波形  $f_{av}(t)$  は、

$$f_{av}(t) = \Sigma f_i(t) / n$$

から求める。

【0044】

図 7 (b) 参照

次に、この平均化した波形  $f_{av}(t)$  に基づいて平均値  $V_{av}(m)$  及び振幅  $V_{av}(pp)$  を求める。

【0045】

この平均値  $V_{av}(m)$ 、振幅  $V_{av}(pp)$ 、及び、平均化した波形  $f_{av}(t)$  の安定なプラズマ状態における値に対するひずみ率を指標として用いて行うために、基本波とする波形を対象とするプラズマ処理装置の所定の処理条件で、窓型プローブで予めプラズマが安定した状態における検出波形データとして取得しておき、これを基本波データとする。

【0046】

この基本波データに対して、基本波の任意に時間或いは任意の数に周期分を取り、1 周期波形として平均化した波形  $f_{av0}(t)$ 、 $V_{av0}(pp)$ 、及び、 $V_{av0}(m)$  をそれぞれに求める。

更に、それらの値はプラズマを生成するための入力電力に応じて変化するので、入力電力に応じた係数を求めておき、これらを設定初期値として記憶しておく。

【0047】

ここで、検出する検出波形を  $f(t)$  とすると基本波に対してプラズマ処理中のプローブ波形がどの程度ひずんでいるかを示す指標としてのひずみ率  $\alpha$  は、

$$\alpha = f_{av}(t) / f_{av0}(t)$$

と表されるので、これにより、高調波成分がどの程度あり、波形が歪んでいるかが分かる。

## 【0048】

また、同様に、 $V_{av}(m)$ 、 $V_{av}(pp)$  に関しても、 $V_{av0}(m)$ 、 $V_{av0}(pp)$  を基準として、それぞれの係数を  $m$ 、 $p$  として

$$m = V_{av}(m) / V_{av0}(m),$$

$$p = V_{av}(pp) / V_{av0}(pp)$$

と定義する。

## 【0049】

これらの各係数  $\alpha$ 、 $m$ 、 $p$  によって、プローブ検出波形の大きさの変動と動揺の状態を検出することができる。

即ち、これらの係数  $\alpha$ 、 $m$ 、 $p$  をプラズマの入力電力毎に予め設定しておき、それとプラズマ処理装置がプラズマ処理中に、プローブ検出波形を任意の時間、或いは周期分毎に、その間の平均波形  $f_{av}(t)$  を求めて、基準波形の  $f_{av}(0)$  と比較して、その係数  $\alpha'$  が予め定めた設定値より大きい、小さいか否かをデータ処理部において判定し、予め定めた値より大きい或いは小さい場合に、プラズマ装置に対して警報を発する。

## 【0050】

例えば、ひずみ率  $\alpha'$ 、或いは、 $V_{av}(pp)$  が設定内であっても、 $V_{av}(m)$  が設定外の場合、プラズマパワーの入力の問題以外に、ガス流量、真空度との絡みの問題でプラズマが揺らいでいることが考えられるので、プラズマの不安定状態であることの警告を発信する。

## 【0051】

また、単に  $V_{av}(pp)$  が設定値から外れている場合には、プラズマ 21 と高周波電源 19 のインピーダンスの整合が取れてないが、又は、高周波電源 19 の入力パワー設定のずれが考えられ、予め設定した値より小さい場合には、プラズマとの整合が取れてないことになるので、警告を発信するとともに、プラズマ電源に対してプラズマとの整合を取るよう制御信号を出力する。

一方、 $V_{av}(pp)$  が予め設定した値より大きい場合は、高周波電源 19 に対する入力パワー設定のずれと判断できるので、設定ミスの警告を発信する。

## 【0052】

この本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブにおいては、プラズマ処理を長期間実施して、絶縁層がデポジットされる場合にも、付着した絶縁層が極端に厚くならないかぎり、何ら問題なく動作するので、コスト、設置場所の両面において生産現場のプラズマ処理装置への適用性は大変優れている。

#### 【 0 0 5 3 】

次に、図 8 乃至図 1 0 を参照して、上記の窓型プローブを備えて、プラズマの変動及び異常放電等を検出する本発明の第 2 の実施の形態のプラズマ処理装置を説明する。

#### 図 8 参照

図 8 は、本発明の第 2 の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図であり、基本的構成は上記の第 1 の実施の形態と同様であるが、検出系においてデジタルオシロスコープ 4 0 の代わりにプラズマ監視装置 5 0 を用いたものであるので、同一部分については説明は省略する。

#### 【 0 0 5 4 】

このプラズマ監視装置 5 0 は、窓型プローブ 3 0 と、A/D 変換部 5 1、データ処理部 5 2、フィルター処理部 5 3、及び、異常放電検出部 5 4 等から構成されている。

このデータ処理部 5 2 により、上記の第 1 の実施の形態において説明した、検出波形に基づいて平均波形  $f_{av}(t)$ 、平均電圧  $V_{av}(m)$ 、平均振幅  $V_{av}(p)$ 、及び、各係数  $\alpha$ 、 $m$ 、 $p$  を求める。

#### 【 0 0 5 5 】

通常のプロセス監視については、上記の第 1 の実施の形態と同様であるので、ここでは、図 9 及び図 1 0 を参照して異常放電検出について説明する

#### 図 9 参照

図 9 は、第 2 の実施の形態における DC 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図であり、プラズマ生成用電源電圧、電流の変動を計測して異常放電を検出するアークモニターの検出波形も合わせて示している。

#### 【 0 0 5 6 】

上段に示したアークモニターの電流検出波形は、異常放電の発生に反応して急



激に増加している。

一方、下段に示した窓型プローブの検出波形は、立ち上がり鋭く一瞬プラス側に変化していてその後マイナスからプラスに変化しながら収束しているが、これは異常放電が発生した瞬間は瞬停状態になり拡散する電子流が急激に増加したため、一瞬、壁電位が図 6 に示した電源断時とは反対にマイナスに変化した後、電源の制御により比較的緩やかに変化しながら収束したものと思われる。

この窓型プローブの検出波形は、アークモニターより波形の立ち上がりが早く敏感に、感度良く応答していることが理解される。

【 0 0 5 7 】

図 1 0 参照

図 1 0 は、第 2 の実施の形態における R F 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図であり、R F プラズマで異常放電発生時の超音波を検出する超音波センサによる検出波形を合わせて示している。

なお、異常放電について、本発明者は、プラズマ処理中に異常放電 2 4 が発生すると、放電によって超音波 ( A E : A c o u s t i c E m i s s i o n ) が発生し、発生した A E がプラズマ処理装置の外壁を伝播することを利用して、プラズマ処理装置の外壁に A E センサを取り付けて異常放電によって発生した A E を検出することにより放電発生位置を特定することを提案している ( 必要ならば、特願 2 0 0 0 - 8 9 8 4 0 号参照 ) 。

【 0 0 5 8 】

上段に示した窓型プローブによる検出波形は、図 9 に示した D C プラズマでの異常放電発生時と同様に、異常放電 2 4 に敏感に良く反応してマイナス側に急激に変化しているので、壁電位がプラス側に変化していることから拡散電子量が減少してプラズマが瞬間的に萎縮していることがわかる。

なお、この窓型プローブにおける検出波形は、R F 成分を除去した検出波形である。

【 0 0 5 9 】

一方、下段に示した超音波センサによる検出波形は、異常放電の発生位置と超音波のプロセスチャンバー 1 1 の壁面を伝搬する伝播速度の関係から上段の窓型

プローブの検出波形の変化に遅れて、異常放電に伴う超音波検出されているのが確認できる。

#### 【0060】

次に、異常放電を検出する方法を簡単に説明する。

窓型プローブ30の検出波形は、A/D変換部51を介して入力され、その波形データをフィルター処理部53にて、ローパスフィルターにより13.56MHzのRF成分をカットし、異常放電検出部54において、異常放電の信号を検出する。

#### 【0061】

次いで、検出信号に対して波形の変化量を求めるため、検出波形 $f(t)$ を微分し、その値を $\beta$ とすると

$$\beta = df(t) / dt$$

と表される。

この $\beta$ を監視することにより波形の変化状態を検出することができる。

#### 【0062】

図10及び図6に示したように、異常放電、或いは、電源の瞬停がある場合、壁電位に急激な変化があるので、異常放電検出部54において、 $\beta$ の値がプラス或いはマイナスかに変化する。

そこで、 $f(t)$ の値が、あるしきい値を超えて、 $\beta$ の値が予め求めていた設定値より大きくなった場合に異常を検出して、その $\beta$ 値が、マイナスの場合に異常放電と判断して、プラズマ処理装置に対して警報を発する。

また、電子流の変化は異常放電の規模と関係があるため、その波形の波高値 $V_{pp}$ から、異常放電の規模を推定することも可能である。

#### 【0063】

次に、図11を参照して、異常放電の位置を確認する手段も合わせて用いた本発明の第3の実施の形態を説明する。

#### 図11参照

図11は、本発明の第3の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図であり、基本的な装置構成は図8に示した第2の実施の形態の

プラズマ処理装置と同様である。

【0064】

この第3の実施の形態においては、さらに、3個以上のAEセンサ25～27をプロセスチャンバー11の外壁面に取り付けたものであり、それによって、異常放電の発生した位置を特定するものである（必要ならば、特願2001-370610号参照）。

なお、この場合には、3つのAEセンサを示している。

【0065】

図12参照

図12は、本発明の第3の実施の形態における異常放電検出方法の説明図であり、まず、上段に示す窓型プローブ30の検出波形により、上述の方法により異常放電の発生を判断し、異常放電24は発生した判断した場合に、AEセンサ25～27による異常放電24の発生位置の特定動作をスタートさせる。

【0066】

次いで、3つのAEセンサ25～27からの3つの検出波形から、異常放電24が発生した場所と各AEセンサ25～27を接地した場所との距離の差に起因する遅延時間 $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ を求め、この遅延時間 $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ から地震の震源地の特定の原理と同様の原理によって異常放電24の発生位置を特定する。

【0067】

この場合に、異常放電の判定を窓型プローブ30の検出波形によって行っているため、機械振動をAEセンサで検出して誤って異常放電の発生と判断することがなくなる。

また、窓型プローブ30の検出波形に基づいて異常放電の発生を確認したのち、AEセンサによる位置特定動作を介しているため、AEセンサを無駄に作動させることがなくなる。

【0068】

次に、図13を参照して、本発明の第4の実施の形態の窓型プローブを説明する。

## 図 1 3 参照

図 1 3 は、本発明の第 4 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図であり、この窓型プローブは、図 3 に示した窓型プローブ 3 0 と基本的構成は同様であり、通常のビューポートに用いられる光学的に透明なコパールガラス等のガラス板 3 1、このガラス板 3 1 のプロセスチャンバーに対して外側に設けられた I T O 等からなるプローブ電極 3 2、プローブ電極 3 2 の表面を絶縁被覆するポリエステル等の透明絶縁膜 3 3、その上に設けられプローブ電極 3 2 を電磁的にシールドする I T O シールド 3 4、及び、インピーダンス変換器 3 5 によって構成される。

## 【 0 0 6 9 】

この第 4 の実施の形態においては、ガラス板 3 1 よりプラズマの発生領域寄りに光学的に透明な防着ガラス板 3 6 を設けたものであり、それによって、窓型プローブを構成するガラス板 3 1 の表面の汚れの発生を防止することができる。

## 【 0 0 7 0 】

この場合も、プローブ電極 3 2 はプローブ取付け部 1 4 と電氣的に短絡しないように、周辺部が欠如されており、また、I T O シールド 3 4 及び透明絶縁膜 3 3 には微小開口部が設けられており、この微小開口部を通してプローブ電極 3 2 は同軸ケーブルによってインピーダンス変換器 3 5 に接続される。

また、このプローブ取付け部 1 4 は、通常のビューポートと同様に、O リング及びグリース等を用いることによって真空中に密閉する構成となっている。

## 【 0 0 7 1 】

この場合も、窓型プローブの窓部及び防着ガラス板 3 6 を全て透明部材で構成しているので、この窓型プローブは、プラズマ処理装置のプロセスチャンバーののぞき窓としても機能させることができる画期的で大きな利点があるものである。

## 【 0 0 7 2 】

プラズマ処理による反応生成物による汚染が発生しても、防着ガラス板 3 6 を交換するだけで良いので、窓型プローブのガラス板 3 1 側については、交換、洗浄作業等を必要としない。

但し、防着ガラス板 3 6 を設けることによって検出感度は若干低下する。

【 0 0 7 3 】

以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載された構成・条件に限られるものではなく、各種の変更が可能である。

例えば、上記の各実施の形態においては、プラズマ処理装置として平行平板電極型のプラズマ処理装置を例として説明しているが、プラズマ処理装置の構成はこの様な平行平板電極型のプラズマ処理装置に限られるものではなく、各種の構造のプラズマ処理装置に適用されるものである。

【 0 0 7 4 】

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブをプロセスチャンバーの外壁の一箇所に設置しているが、プロセスチャンバーの外壁の複数箇所に設置しても良いものである。

【 0 0 7 5 】

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブをプロセスチャンバーに取り付け部を設けて取り付けることを前提に説明しているが、既設のプラズマ処理装置に取り付けても良いものである。

即ち、対象となるプラズマ処理装置に既にのぞき窓がある場合、のぞき窓のガラスの大気側表面に電極として光学的に透明なITOシート等の導電性シートを貼ることで、簡単に窓型プローブを構成することができる。

【 0 0 7 6 】

また、上記の実施の形態においては、プローブ電位を測定するのは、高周波電圧を測定できる装置であり、例えば、入力インピーダンスが  $50\ \Omega$  のデジタルオシロスコープであるが、デジタルオシロスコープに限られるものではなく、サンプリングオシロスコープ、周波数アナライザー等高周波電圧を測定できる装置であれば差し支えない。

【 0 0 7 7 】

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブにおける壁電位を誘起させる誘電体は基板状のガラス板であるが、必ずしも基板状のガラスである必要はない。

## 【 0 0 7 8 】

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブにおいて壁電位を誘起する部材としてガラス板を用いているが、必ずしもガラス板である必要はなく、誘電体であれば良く、例えば、サファイア基板等の他の誘電体基板を用いても良いものである。

## 【 0 0 7 9 】

また、上記の各実施の形態においては、窓型プローブにのぞき窓の機能を持たせるために全体を透明部材で構成しているが、必ずしも全てを透明部材で構成する必要はなく、例えば、プローブ電極をAlやAuで形成しても良いものである。

その場合には、プローブ電極を小さな円盤状電極とする或いは円環状の電極とすることによって、のぞき窓の機能を持たせることができる。

## 【 0 0 8 0 】

また、窓型プローブにのぞき窓の機能を持たせることは必ずしも必須ではなく、その場合には、窓型プローブの少なくとも一部を不透明部材で形成しても良いものである。

## 【 0 0 8 1 】

また、窓型プローブのプローブ電極は必ずしも面状に広がった電極である必要はなく、線状の電極をガラス板に貼り付けてもプローブとして機能することは言うまでもない。

## 【 0 0 8 2 】

## 【発明の効果】

以上述べたように、本発明の窓型プローブとプラズマ監視装置により、プラズマの状態変化を壁電位の平均電位、電位の振動波形の測定により確認することができ、また、異常放電等の異常等の検出も簡便に行うことが可能になり、特に、窓型プローブをのぞき窓としても機能させることができる、プラズマ処理装置の状態を自動的に知ることができ、それによって、プラズマ処理装置を自動的に停止したり、プラズマを制御したりすることにより不良品の作りこみ防止の効果があるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の原理的構成の説明図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブ付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態に用いる窓型プローブの概略的構成図である。

【図 4】

R F 放電における窓型プローブの検出波形の説明図である。

【図 5】

R F 放電で入力電力が変動している場合の窓型プローブの検出波形の説明図である。

【図 6】

R F 放電での装置異常により R F 電源を即断した場合の窓型プローブの検出波形の説明図である。

【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態における窓型プローブによる検出波形の処理方法の説明図である。

【図 8】

本発明の第 2 の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施の形態における D C 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図である。

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施の形態における R F 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図である。

【図 1 1】

本発明の第 3 の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図である。

【図 1 2】

本発明の第 3 の実施の形態における異常放電検出方法の説明図である。

【図 1 3】

本発明の第 4 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図である。

【符号の説明】

- 1 誘電体部材
- 2 プローブ電極
- 3 絶縁部材
- 4 電磁シールド部材
- 5 導電性支持部材
- 6 インピーダンス整合手段
- 1 1 プロセスチャンバー
- 1 2 ガス導入口
- 1 3 排気口
- 1 4 プローブ取付け部
- 1 5 下部電極
- 1 6 Si ウェハ
- 1 7 上部電極
- 1 8 整合器
- 1 9 高周波電源
- 2 0 接地配線
- 2 1 プラズマ
- 2 2 プラズマ
- 2 4 異常放電
- 2 5 AE センサ
- 2 6 AE センサ
- 2 7 AE センサ



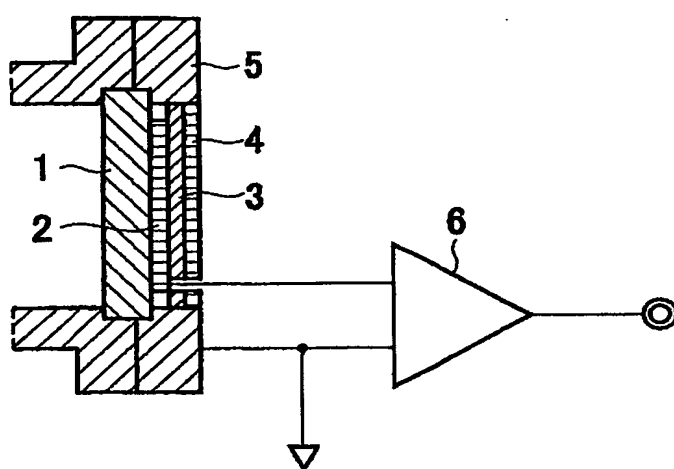
- 3 0 窓型プローブ
- 3 1 ガラス板
- 3 2 プローブ電極
- 3 3 透明絶縁膜
- 3 4 ITOシールド
- 3 5 インピーダンス変換器
- 3 6 防着ガラス板
- 4 0 デジタルオシロスコープ
- 5 0 プラズマ監視装置
- 5 1 A/D変換部
- 5 2 データ処理部
- 5 3 フィルター処理部
- 5 4 異常放電検出部

【書類名】

図面

【図 1】

本発明の原理的構成の説明図

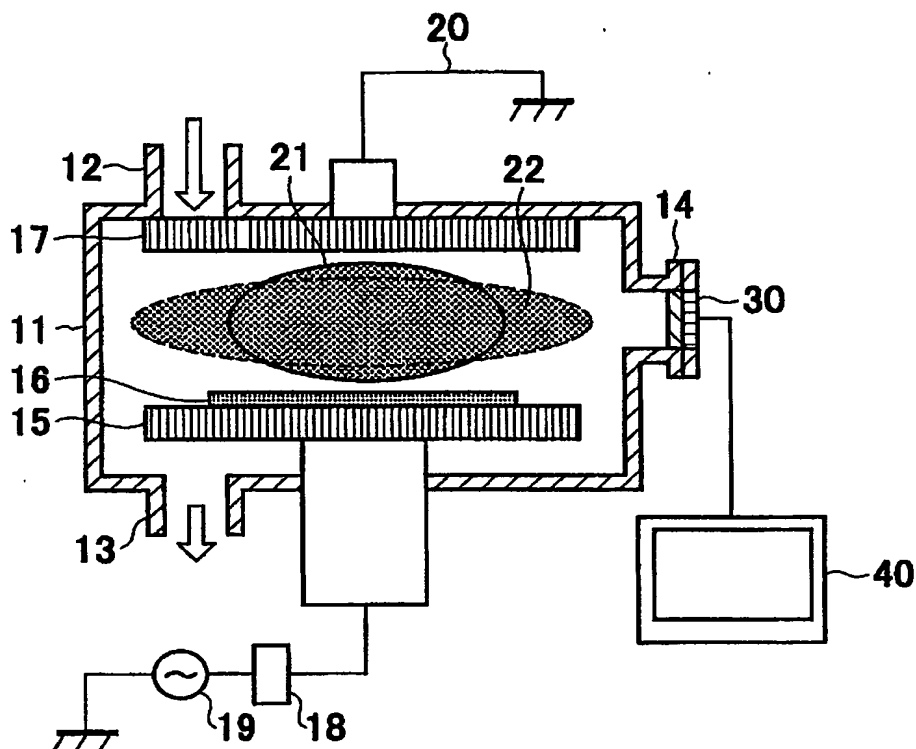


1:誘電体部材  
2:プローブ電極  
3:絶縁部材

4:電磁シールド部材  
5:導電性支持部材  
6:インピーダンス整合手段

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態の窓型プローブ付きプラズマ処理装置の概略的構成図

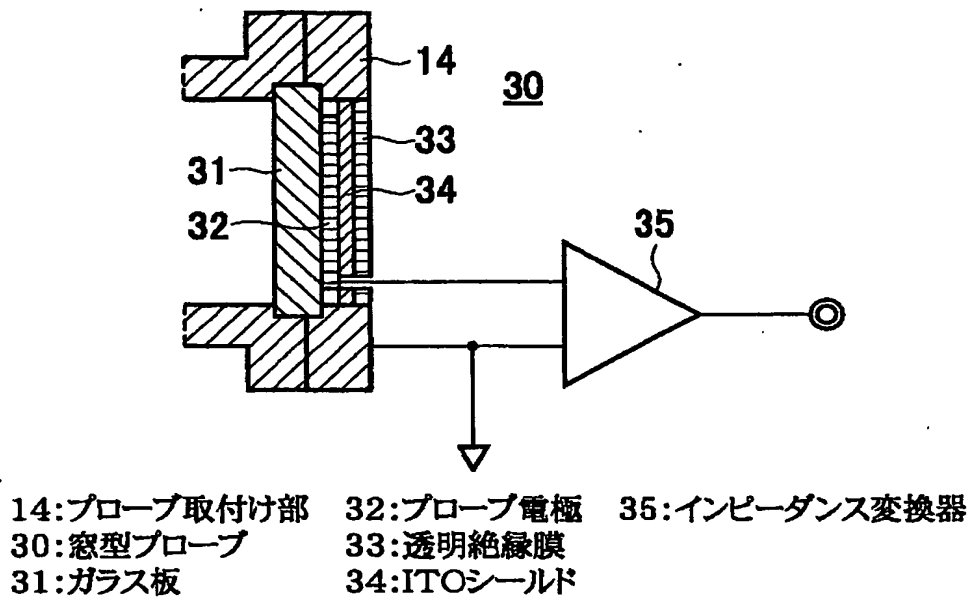


11: プロセスチャンバー  
12: ガス導入口  
13: 排気口  
14: プローブ取付け部  
15: 下部電極  
16: Siウェハ  
17: 上部電極

18: 整合器  
19: 高周波電源  
20: 接地配線  
21: プラズマ  
22: プラズマ  
30: 窓型プローブ  
40: デジタルオシロスコープ

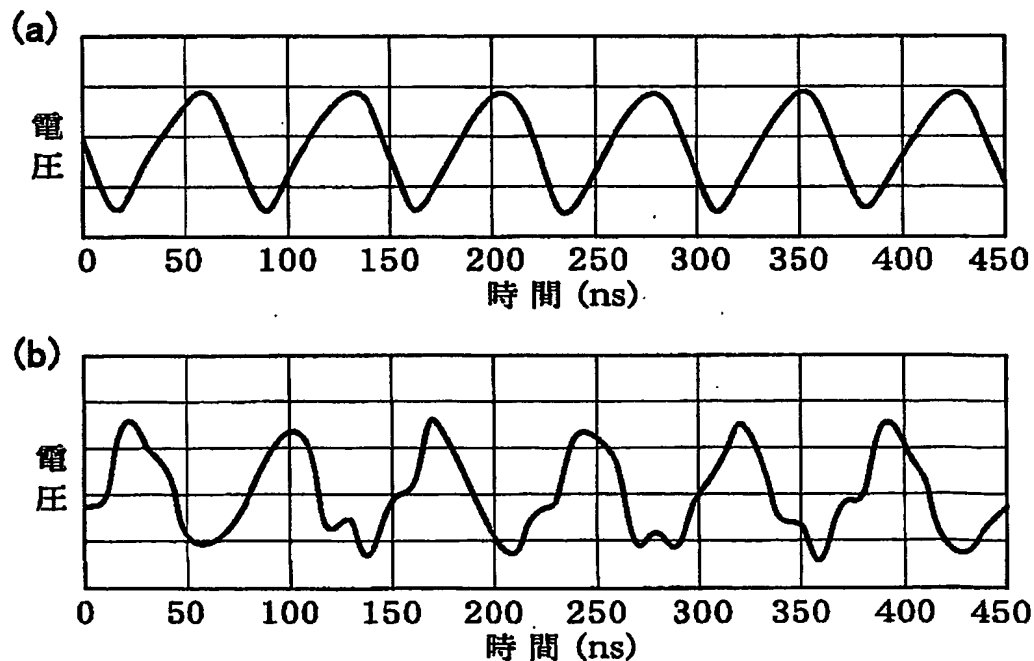
【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態に用いる窓型プローブの概略的構成図



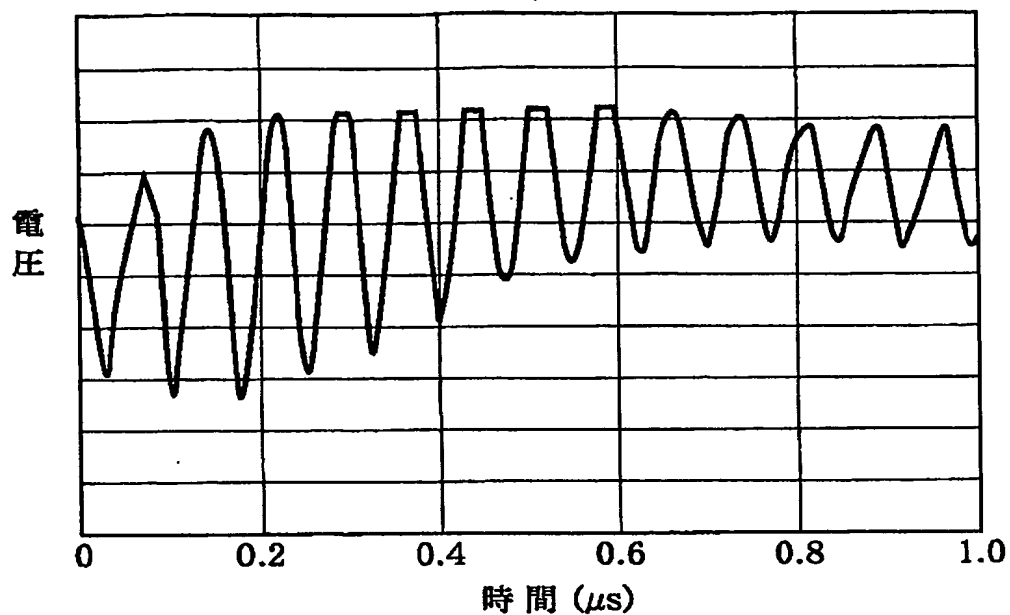
【図 4】

R F 放電における窓型プローブの検出波形の説明図



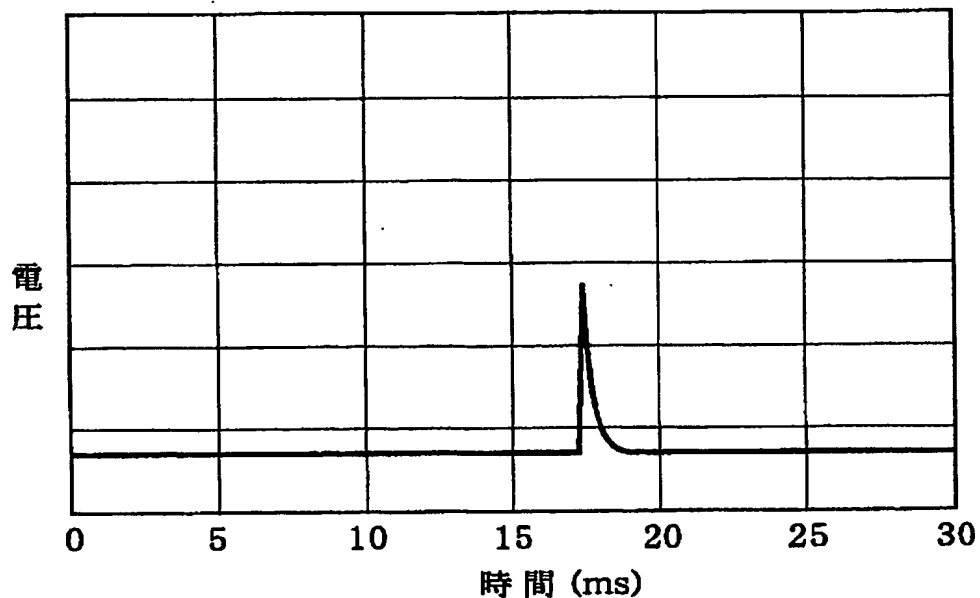
【図 5】

R F 放電で入力電力が変動している場合の窓型プローブの  
検出波形の説明図



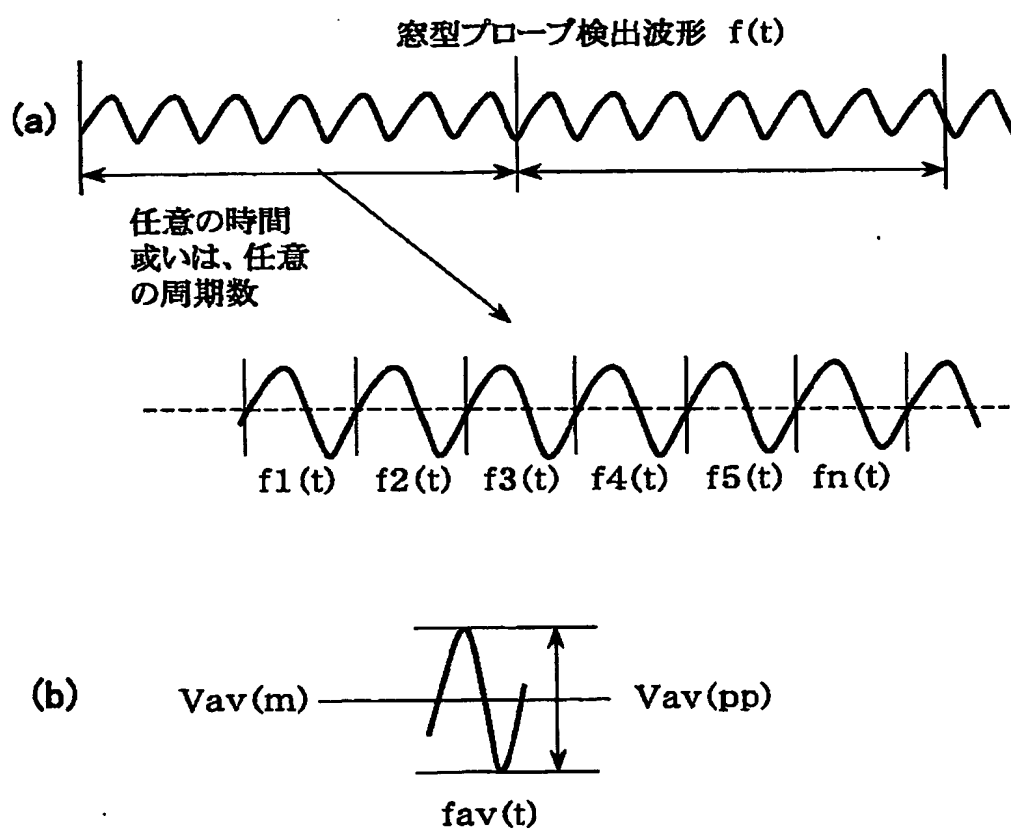
【図 6】

R F 放電での装置異常により R F 電源を即断した場合の  
窓型プローブの検出波形の説明図



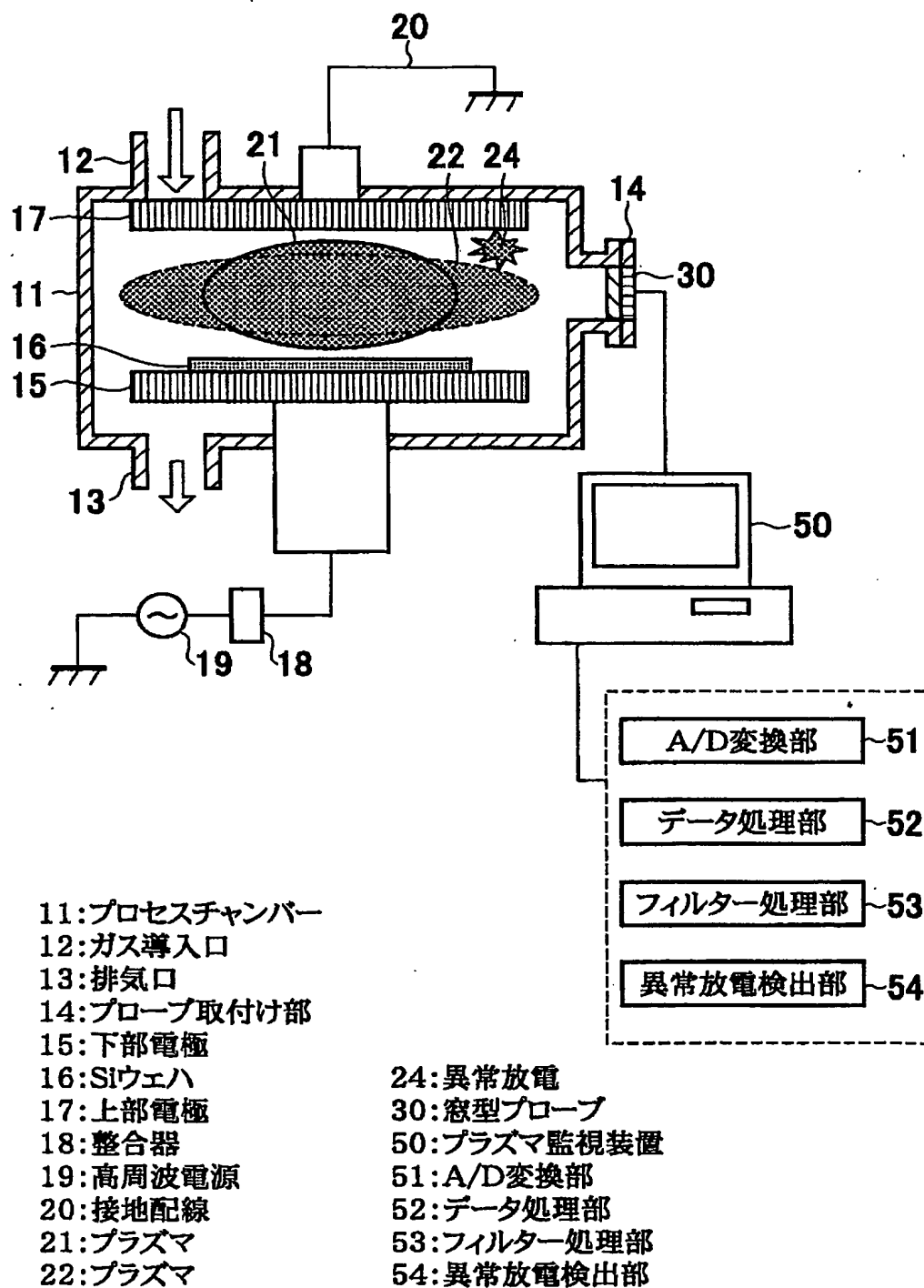
【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態における窓型プロープによる検出波形  
の処理方法の説明図



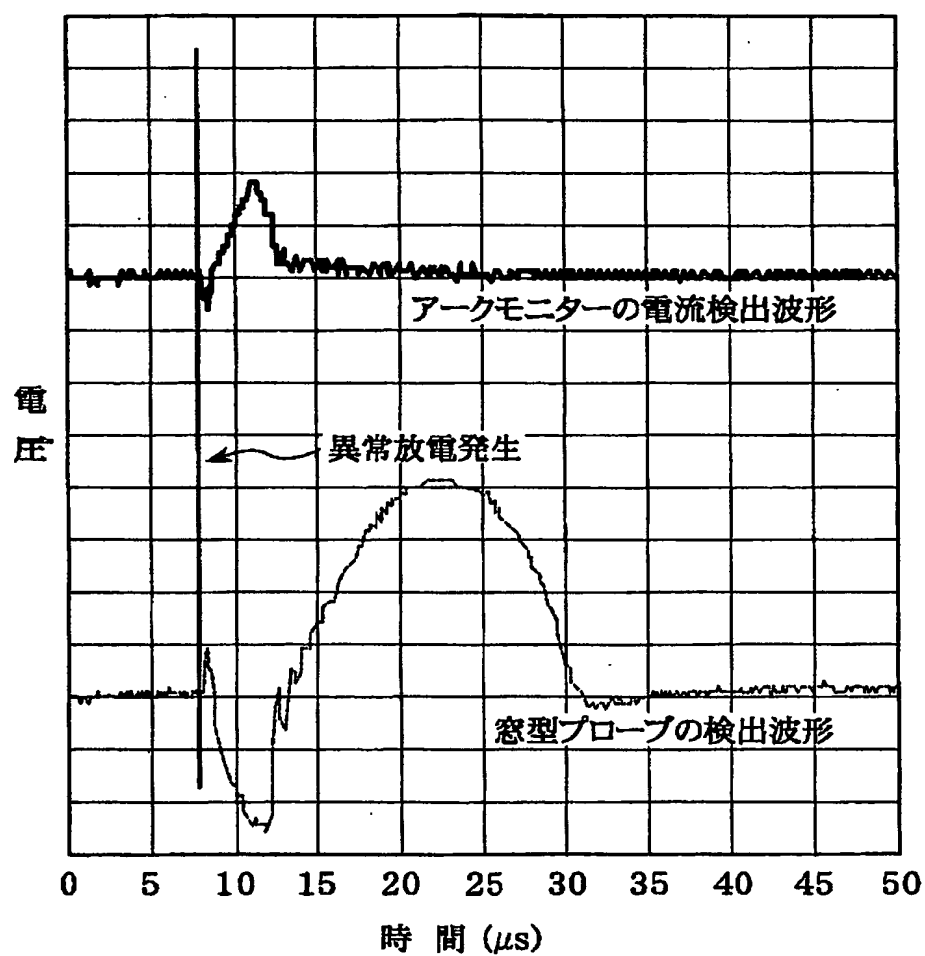
【図 8】

本発明の第 2 の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ  
処理装置の概略的構成図



【図 9】

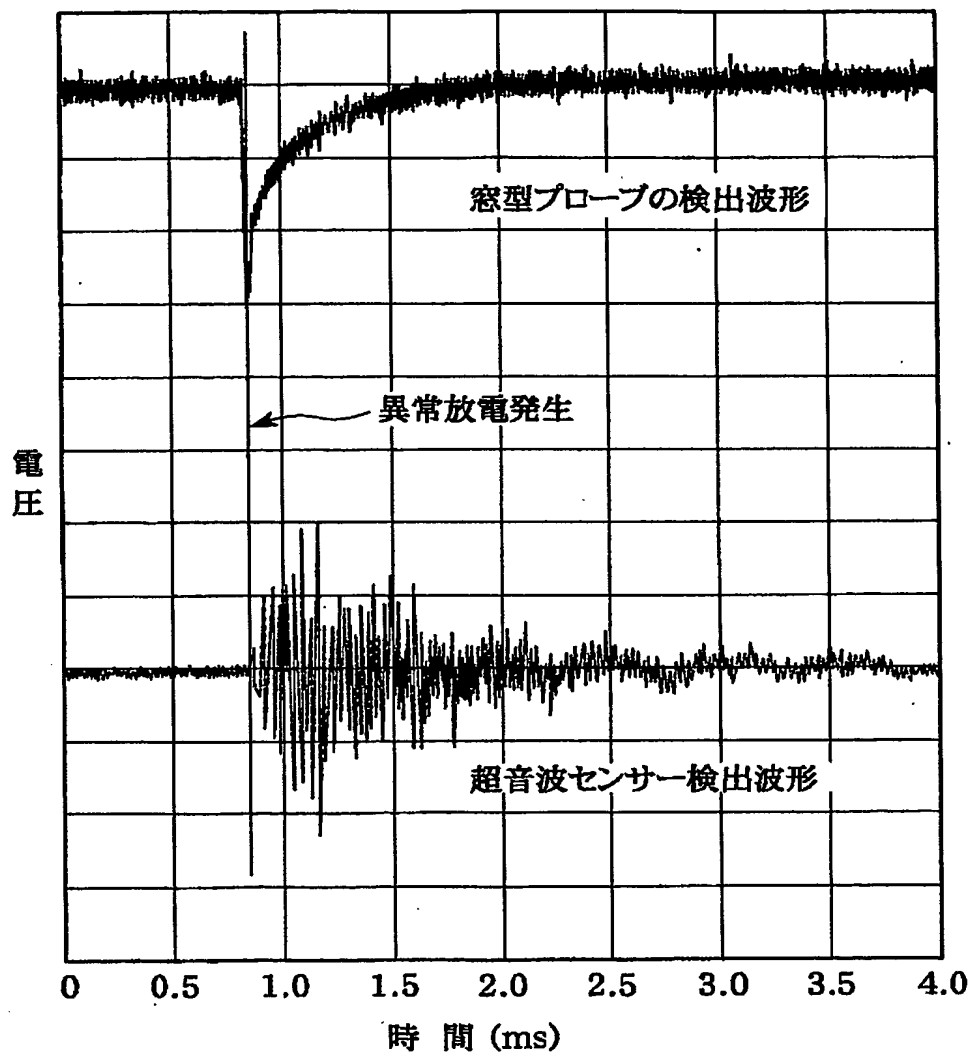
本発明の第 2 の実施の形態における D C 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図





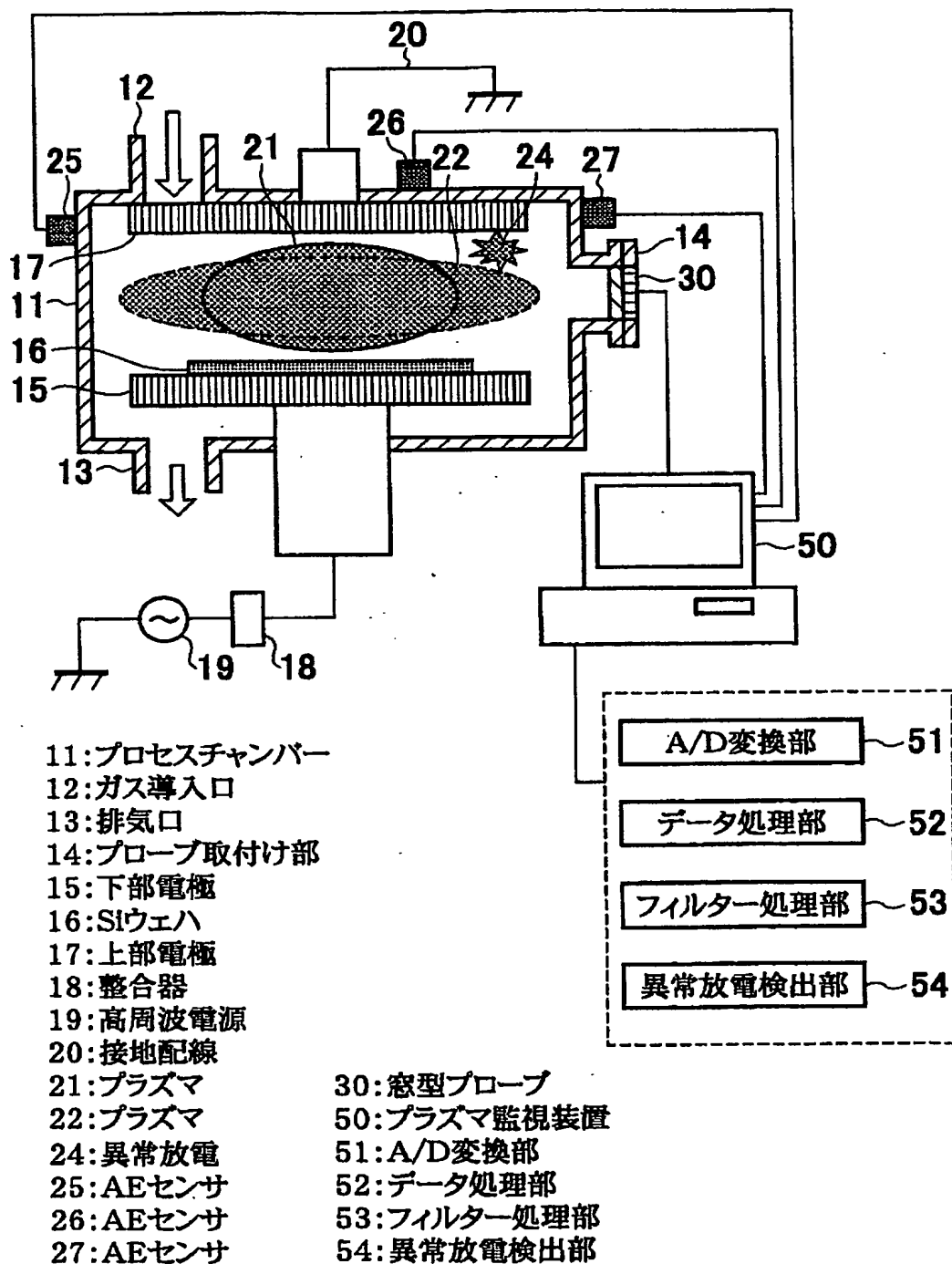
【図 1 0】

本発明の第 2 の実施の形態における R F 放電での異常放電時の窓型プローブの検出波形の説明図



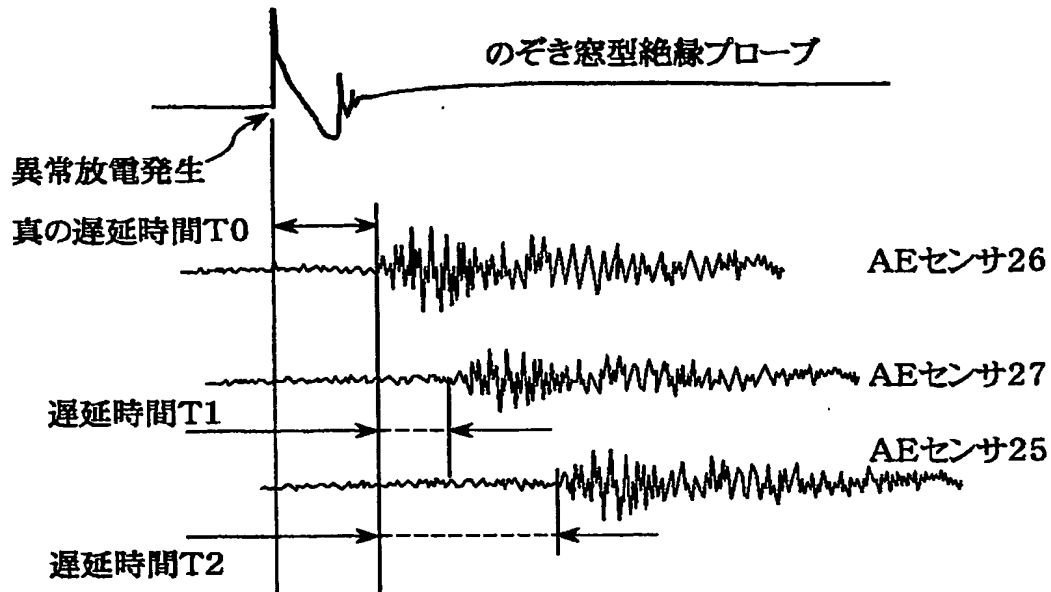
【図11】

本発明の第3の実施の形態の異常放電監視装置付きプラズマ処理装置の概略的構成図



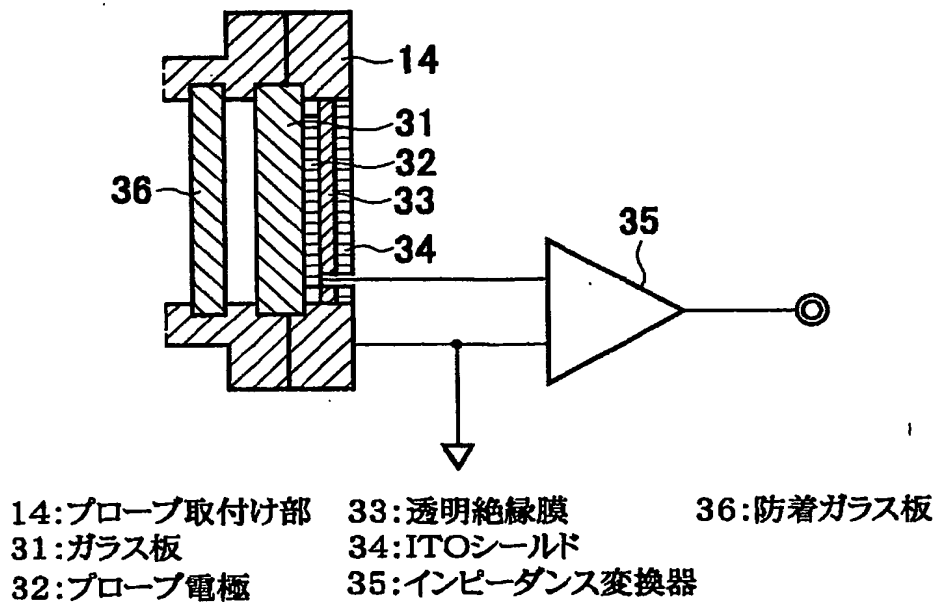
【図 1 2】

本発明の第 3 の実施の形態における異常放電検出方法の説明図



【図 1 3】

本発明の第 4 の実施の形態の窓型プローブの概略的構成図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 窓型プローブ、プラズマ監視装置、及び、プラズマ処理装置に関し、高周波或いは高電圧の印加によって発生させたプラズマの状態を直接、簡便に検出する。

【解決手段】 プラズマに対向する面の少なくとも一部に開口部が設けられた導電性支持部材 5 と、前記導電性支持部材 5 の開口部に設置された片側表面にプローブ電極 2 を有する誘電体部材 1 とを少なくとも設ける。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[396020800]

1. 変更年月日	1998年・2月24日
[変更理由]	名称変更
住 所	埼玉県川口市本町4丁目1番8号
氏 名	科学技術振興事業団

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[391051441]

1. 変更年月日

1991年 7月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都板橋区板橋1丁目10番14号

氏 名

株式会社東京カソード研究所